

**VARIABLE LIGHT ATTENUATOR AND LIGHT ATTENUATING METHOD**

Patent Number: JP2000131626  
Publication date: 2000-05-12  
Inventor(s): OGUMA TAKESHI; SUZUKI KENICHIRO  
Applicant(s): NEC CORP  
Requested Patent: ☐ JP2000131626  
Application Number: JP19980308662 19981029  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G02B26/02; G02B6/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-sized, simply constituted, power-saving variable light attenuator with less wavelength dependency for an attenuation quantity.

**SOLUTION:** The attenuator is provided with a 1st optical fiber 1 for transmitting incident light, a lens 3 for image-converting the converged luminous flux 8 outgoing from the 1st optical fiber 1 to a collimated luminous flux 5, a mirror 4 for reflecting the collimated luminous flux 5 outgoing from the lens 3 toward the lens 3, a micromachine 10 with a movable part for moving the direction of the optical axis of the mirror 4 by a driving part 11, and a 2nd optical fiber 2 which is installed in a position where the light reflected by the mirror 4 may be made incident. Then, the transmitted outgoing light is adjusted by the movement 70 of the reflecting direction of the reflected light in accordance with the movement 7 of the optical axis of the mirror 4 due to the displacement 6 of the movable part of the micromachine 10.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-131626

(P2000-131626A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	タームコード (参考)
G02B 26/02		G02B 26/02	A 2H038
6/00	311	6/00	311 2H041

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-308662

(22) 出願日 平成10年10月29日 (1998. 10. 29)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 小熊 健史

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 鈴木 健一郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100100893

弁理士 渡辺 勝 (外3名)

Fターム(参考) 2H038 BA24

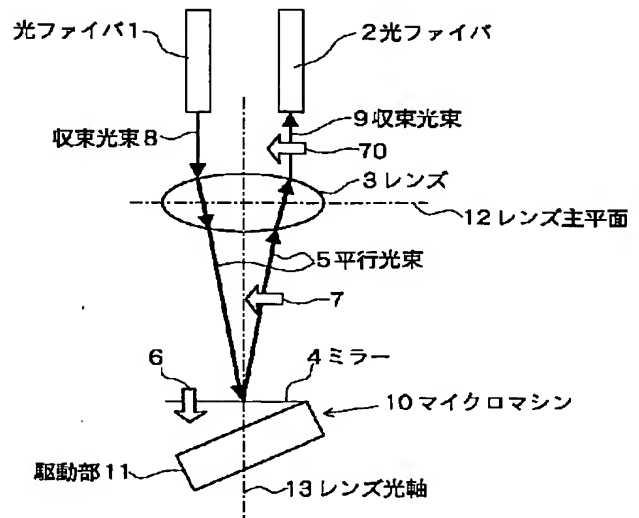
2H041 AA02 AB07 AB14 AC06

(54) 【発明の名称】 可変光減衰器と光減衰方法

(57) 【要約】

【課題】 小型で構造が簡単で消費電力が少なく減衰量の波長依存性の少ない可変光減衰器を提供する。

【解決手段】 入射光を伝搬する第1の光ファイバ1と、その第1の光ファイバ1から出射された収束光束8を平行光束5に像変換するレンズ3と、そのレンズ3から出射した平行光束5をレンズ3の方向に反射するミラー4と、駆動部11によりそのミラー4の光軸の方向を移動させることが可能な可動部を有するマイクロマシン10と、ミラー4からの反射光が入射可能な位置に配設された第2の光ファイバ2とを備え、マイクロマシン10の可動部の変位6に伴うミラー4の光軸の移動7に伴う反射光の反射方向の移動70によって、伝搬される出射光の調整が行われる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバおよび空間のいずれかを伝搬する光に所定の減衰を与える可変光減衰器であって、入射光を反射するミラー部が、マイクロマシンの可動部に設けられ、該可動部の変位に伴う前記ミラー部の光軸の移動に伴う反射光の反射方向の移動によって、伝搬される出射光の調整が行われることを特徴とする可変光減衰器。

【請求項2】 入射光を伝搬する第1の光ファイバと、該第1の光ファイバから出射された収束光束を平行光束に像変換するレンズと、  
該レンズから出射した平行光束を前記レンズの方向に反射する前記ミラー部と、  
該ミラー部の光軸の方向を移動させることが可能な前記可動部を有する前記マイクロマシンと、  
前記ミラー部からの反射光が前記レンズを經由して入射可能な位置に配設された第2の光ファイバと、を備えたことを特徴とする請求項1に記載の可変光減衰器。

【請求項3】 前記マイクロマシンは、シリコン基板上にマイクロ機械加工され、前記可動部が静電的に変位動作を行うことが可能なシリコンマイクロマシンである請求項1または請求項2に記載の可変光減衰器。

【請求項4】 前記シリコンマイクロマシンは、前記可動部が本体にヒンジ部で接続され、前記可動部が前記ヒンジを中心に回転運動が可能なマイクロヒンジ型マイクロマシンである請求項3に記載の可変光減衰器。

【請求項5】 前記シリコンマイクロマシンは、前記可動部の外周が本体に接続された変位可能なダイヤフラム構造であり、前記可動部の中央部が該可動部の中心近傍に近接して配置された駆動電極により、該駆動電極方向に移動可能なダイヤフラム型マイクロマシンである請求項3に記載の可変光減衰器。

【請求項6】 入射光を伝搬する第1の光ファイバから出射された収束光束をレンズで平行光束に像変換し、該レンズから出射した平行光束を、該レンズの焦点位置に配置されたミラーで前記レンズの方向に反射させ、前記ミラーからの反射光を前記レンズで収束光束に像変換し、  
前記レンズで像変換された収束光束を第2の光ファイバに入射させ、  
前記ミラーの光軸の方向をマイクロマシンで移動させることによって前記第2の光ファイバに入射される前記反射光の光量を調整することを特徴とする可変光減衰器の光減衰方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光減衰器に関し、特にシリコンマイクロマシンを用いた可変光減衰器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光減衰器は光ファイバあるいは空間を伝搬する光に一定の減衰を与えるデバイスであり、光機器あるいは受光素子の性能評価や伝搬損調整のために用いられている。従来の可変光減衰器は、多くの構成部品を必要としていた。たとえば、中田他著「磁気光学型可変光アッテネータ」（1997年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会C-3-48）には、このような可変光減衰器が記載されている。図5は、従来例の可変光減衰器の模式的構成例である。可変光減衰器100は、光ファイバ101、102、レンズ103、104、ファラデー回転子105、偏光分離素子106、107、電磁石109で構成されており、電磁石109によりファラデー回転子を回転させることにより光ファイバ101の照射光の光ファイバ102への入射量を調整して光減衰の目的を達成している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、このような従来の可変光減衰器は、大型であり、高価であるという問題点があった。その理由は、部品点数が多く、構成が複雑なためである。

【0004】 また、消費電力が大きいという問題点があった。その理由は、電磁石の消費電力が大きいからである。

【0005】 更に、減衰量の波長依存性が大きいという問題点があった。その理由は、ファラデー回転子の回転角度に波長依存性があるからである。

【0006】 本発明の目的は、このような問題点を解決し、小型で構造が簡単で消費電力が少なく減衰量の波長依存性の少ない可変光減衰器を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の可変光減衰器は、光ファイバおよび空間のいずれかを伝搬する光に所定の減衰を与える可変光減衰器であって、入射光を反射するミラー部が、マイクロマシンの可動部に設けられ、その可動部の変位に伴うミラー部の光軸の移動に伴う反射光の反射方向の移動によって、伝搬される出射光の調整が行われる。

【0008】 具体的な態様としては、入射光を伝搬する第1の光ファイバと、その第1の光ファイバから出射された収束光束を平行光束に像変換するレンズと、そのレンズから出射した平行光束をレンズの方向に反射するミラー部と、そのミラー部の光軸の方向を移動させることが可能な可動部を有するマイクロマシンと、ミラー部からの反射光がレンズを經由して入射可能な位置に配設された第2の光ファイバとを備えることが好ましい。

【0009】 このマイクロマシンは、シリコン基板上にマイクロ機械加工され、可動部が静電的に変位動作を行うことが可能なシリコンマイクロマシンであることが好ましく、シリコンマイクロマシンは、可動部が本体にヒンジ部で接続され、可動部がヒンジを中心に回転運動

が可能なマイクロヒンジ型マイクロマシンであってもよく、可動部の外周が本体に接続された変位可能なダイヤフラム構造であり、可動部の中央部がその可動部の中心近傍に近接して配置された駆動電極により、その駆動電極方向に移動可能なダイヤフラム型マイクロマシンであってもよい。

【0010】本発明の可変光減衰器の光減衰方法は、入射光を伝搬する第1の光ファイバから出射された収束光束をレンズで平行光束に像変換し、そのレンズから出射した平行光束をそのレンズの焦点位置に配置されたミラーでレンズの方向に反射させ、ミラーからの反射光をレンズで収束光束に像変換し、レンズで像変換された収束光束を第2の光ファイバに入射させ、ミラーの光軸の方向をマイクロマシンで移動させることによって第2の光ファイバに入射される反射光の光量を調整する。

【0011】このような構成とすることによって、構成部品が少なくなるので小型で低価格な可変光減衰器となり、ヒンジ型マイクロマシンやダイヤフラム型マイクロマシンは消費電力が少ないので全体の消費電力が少なくなり、ミラーの全反射膜の反射率波長依存性が小さいので減衰量の波長依存性が少なくなる。

【0012】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態の可変光減衰器の模式的構成図である。本発明は、シリコンマイクロマシンを用いた、小型でかつ、高性能な可変光減衰器である。

【0013】具体的には、本発明の可変光減衰器は光ファイバ1および2、レンズ3、ならびにミラー4と駆動部11を有するマイクロマシン10を備えている。光ファイバ1から出射した収束光束8は、レンズ3により平行光束5に像変換される。平行光束5はその後、ミラー4の反射面で全反射し、再びレンズ3に戻り、像変換された後に収束光束9となり、光ファイバ2に結合する。

【0014】ミラー4を矢印6の方向に動かすと、平行光束5は矢印7の方向にシフトし、収束光束9は矢印70の方向にシフトする。

【0015】光ファイバ1および光ファイバ2の間の結合損失は、収束光束9のシフト量に比例し大きくなり、収束光束9のシフト量は、ミラー4のシフト量に比例するため、ミラー4のシフト量を制御することにより、光ファイバ1と光ファイバ2との間の結合損失を制御できるため、可変光減衰器として機能する。

【0016】本発明の具体的な構成例を、図1を用いて詳細に説明する。光ファイバ1および光ファイバ2はシングルモード光ファイバである。レンズ3は、ファイバ1からの出射光である収束光束8を平行光束5に像変換し、また平行光束5を収束光束9に像変換するレンズである。レンズ3は非球面レンズであり、その焦点距離は4mmである。また、平行光束5のビーム径は200μ

mである。

【0017】マイクロマシン10は、主要構成としてミラー4と駆動部11からなるマイクロヒンジ型シリコンマイクロマシンであり、マイクロヒンジ型シリコンマイクロマシンの構造と動作については、たとえば、Richard S. Muller著、Surface Micromachining for Microphotonics (MOEMOS97 Technical Digest pp109-113)などに記載されているように、半導体製造技術を応用して小型で精密に製作される。

【0018】ミラー4は、母材であるシリコンに誘電体膜で形成した光反射ミラーを蒸着してあり、入射光を全反射する。

【0019】レンズ3とミラー4の位置関係は、レンズ3の主平面12からミラー4の反射面までの距離が、レンズ3の焦点距離と等しく、かつ、マイクロマシン10の非動作時に、主平面12とミラー4の反射面が平行であるような配置となっているまた、光ファイバ1、2は、レンズ光軸13に対して対称に配置されており、2つのファイバの距離は約125μmである。

【0020】本発明の動作を、図1および図2を用いて説明する。図1および図2はいずれも本発明の第1の実施の形態の可変光減衰器の模式的構成図であり、図1は、マイクロマシンの非動作時の状態を示し、図2は、マイクロマシンの動作時の状態を示す。

【0021】光ファイバ1から出射した収束光束8は、レンズ3により平行光束5に像変換される。平行光束5はその後、ミラー4の反射面で全反射し、再びレンズ3に戻り、像変換された後に収束光束9となり、光ファイバ2に結合する。

【0022】次に、図2を参照して、マイクロマシン10を駆動させ、ミラー4を矢印6の方向へ動かした際の動作を説明する。光ファイバ1から出射した収束光束8は、レンズ3により平行光束5に像変換される。平行光束5はその後、ミラー4の反射面で全反射されるが、ミラー4の法線130とレンズ3の光軸13とが一致していないため、反射した平行光束5は矢印7の方向へシフトし、また収束光束9は矢印70の方向にシフトするため、光ファイバ2に結合しなくなる。

【0023】平行光束5のシフト量は、ミラー4の変位量に比例し、光ファイバ1と光ファイバ2との間の結合損失は、近似的には平行光束5のシフト量の2乗に比例する。つまり、ミラー4の駆動量を変化させることで、光ファイバ1と光ファイバ2との間の結合損失を変化させることができるため、本発明は可変光減衰器として動作する。

【0024】具体的な実施例で説明すると、マイクロマシン駆動部11への印加電圧が0Vの時は、ミラー4の変位はなく、光ファイバ1と光ファイバ2との結合損失

は 0.7 dB であったのに対して、マイクロマシン駆動部 11 への印加電圧が 20 V の時には、ミラー 4 は矢印 6 の方向へ 1 deg シフトし、その結果光ファイバ 1 と光ファイバ 2 のと結合損失は 20 dB となった。

【0025】次に本発明の第 2 の実施の形態を図 3 および図 4 を参照して説明する。図 3 および図 4 はいずれも本発明の第 2 の実施の形態の可変光減衰器の模式的構成図であり、図 3 は、マイクロマシンの非動作時の状態を示し、図 4 は、マイクロマシンの動作時の状態を示す。

【0026】第 2 の実施の形態では、第 1 の実施の形態のマイクロヒンジ型シリコンマイクロマシン 10 に代わり、ダイアフラム型マイクロマシン 30 を用いており、それ以外の構成は第 1 の実施の形態と同じである。

【0027】マイクロマシン 30 は駆動電極 31 とダイアフラム 40 とを備えており、駆動電極 31 の面積は、ダイアフラム 40 よりも十分小さい。

【0028】ダイアフラム 40 の端面には、先の実施の形態のミラー 4 と同様に光反射ミラー部 34 が形成されており、入射光を全反射する。

【0029】マイクロマシン 30 が非動作時の状態を図 3 に示す。ダイアフラム 40 は、非動作時にはそのミラー部 34 の法線とレンズ 23 の光軸とが平行であるため、先の実施の形態のマイクロマシン非動作時と同等の形態となる。

【0030】次にマイクロマシン 30 を動作させたときの状態を図 4 に示す。駆動電極 31 に電圧を印加すると、ダイアフラム 40 は矢印 26 の方向に変位するが、駆動電極 31 とダイアフラム 40 の面積が異なるため、一様に変位せず、図 4 に示すように弓なりに変形する。

【0031】そのため、ダイアフラム 40 の、駆動電極 31 からの距離が遠い部分においては、ミラー部 34 の法線 330 が傾きを持つため、この部分に平行光束 25 が入射するように各部品を配置することにより、先の実施例と同等の可変減衰器の動作をさせることが可能となる。

【0032】本発明の実施の形態ではシリコンマイクロマシンを用いることで説明したが、シリコンマイクロマシンに限定されるものではなく、この目的に対応したマイクロマシンであればよい。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明の第 1 の効果は、小型で低価格なことである。その理由は、マイクロマシンを用いることにより構成部品が少ないからである。

【0034】第 2 の効果は、消費電力が少ないことである。その理由は、ヒンジ型マイクロマシンやダイアフラム型マイクロマシンの消費電力が少ないからである。

【0035】第 3 の効果は、減衰量の波長依存性が小さいことである。その理由は、ミラーの全反射膜の反射率波長依存性が小さいからである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の可変光減衰器の模式的構成図であり、マイクロマシンの非動作時の状態を示す。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態の可変光減衰器の模式的構成図であり、マイクロマシンの動作時の状態を示す。

【図 3】本発明の第 2 の実施の形態の可変光減衰器の模式的構成図であり、マイクロマシンの非動作時の状態を示す。

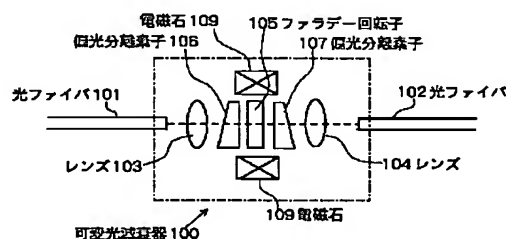
【図 4】本発明の第 2 の実施の形態の可変光減衰器の模式的構成図であり、マイクロマシンの動作時の状態を示す。

【図 5】従来例の可変光減衰器の模式的構成例である。

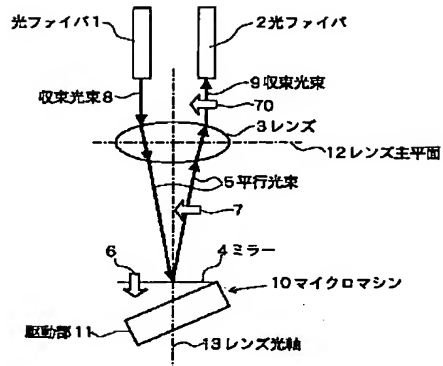
【符号の説明】

1、2、21、22、101、102	光ファイバ
3、23、103、104	レンズ
4、34	ミラー
5、25	平行光束
6、7、26、34、70、270	移動方向
8、9、28、29	収束光束
10、30	マイクロマシン
11	駆動部
13、33	レンズ光軸
31	駆動電極
100	可変光減衰器
105	ファラデー回転子
106、107	偏光分離素子
109	電磁石
130、330	ミラー法線

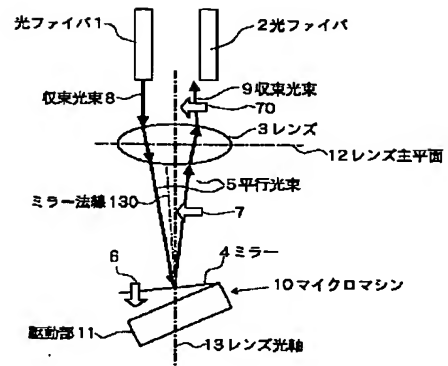
【図 5】



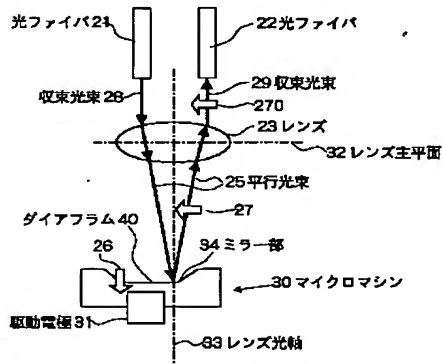
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

